



Poštovani čitatelji,

zatekla nas je vijest o iznenadnoj smrti Duška Ražema. S kolegom Ražemom smo razgovarali prije ljeta kada nas je zamolio da potražimo novog urednika rubrike s obzirom da mu zdravstveno stanje ne dopušta daljnji rad. Upravo ovih dana kad smo ga se spremali sresti, stigla je tužna vijest. Obitelji, kolegama i prijateljima izražavamo duboku sućut. Duška ćemo pamtiti po njegovim studioznim i pažljivo odabranim priložima za naš časopis i po, nažalost, rijetkim ugodnim druženjima. Bilješku o njegovom znanstvenom putu i karijeri pročitajte u rubrici "U spomen" (str. 456).

Nenad Bolf, gl. urednik

|| PREDSTAVLJAMO NOVOG UREDNIKA RUBRIKE



Naš novi urednik rubrike **MARIN KOVAČIĆ** (Zagreb, 23. 11. 1990.) diplomirao je na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu 2014. i doktorirao 2018. Od 2015. je asistent Hrvatske zaklade za znanost na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije na projektu *Environmental Implications of the Application of Nanomaterials in Water Purification Technologies* pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Hrvoja Kušića. Do sada je objavio deset znanstvenih radova. Aktivan je inovator koji je sudjelovao na brojnim međunarodnim izložbama inovacija i osvojio veći broj nagrada. Za svoj doprinos promicanju tehničke kulture nagrađen je godišnjom nagradom Zajednice tehničke kulture Grada Zagreba "Dr. Oton Kučera" 2016. Član je izvršnog odbora Saveza inovatora Zagreba i Hrvatskoga društva kemijskih inženjera i tehnologa.

M. Kovačić*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku
kemijsku tehnologiju procesa
Savska cesta 16, 10 000 Zagreb

Utaživanje žeđi vodom iz antarktičkih ledenjaka

Potruga za pitkom vodom predstavlja jedan od ključnih izazova čovjeku, još otkako je prvi *Homo sapiens* zakoračio afričkom savanom. Stoga ne iznenađuje, s obzirom na životnu važnost pitke vode, što se kroz povijest javljaju iracionalne, čak i ezoterične metode njezina pronalaska, poput radiestezije. U novije vrijeme popraćena je nestašica vode u Cape Townu u Južnoafričkoj republici te Ujedinjenim Arapskim Emiratima (UAE).¹⁻³ Početkom godine razina vode u Cape Townovom obližnjem akumulacijskom jezeru smanjila se na zabrinjavajuće nisku razinu, što je ponukalo gradske vlasti na ograničavanje dnevne potrošnje vode na svega 50 litara po glavi stanovnika.⁴ Prijetila je mogućnost da Cape Town postane prvim velegradom u modernoj povijesti kojemu bi slavine presušile. Manjak pitke vode u UAE ne iznenađuje, s obzirom na to da se radi o jednoj od najsušnijih zemalja svijeta. Stoga su čelnici Cape Towna i gospodarstvenici UAE, vjerojatno u pomanjkanju izglednijih mogućnosti, usmjerili svoje metaforičke rašlje u – ledenjake. Doduše, motivacija ne iznenađuje, godišnje se u južnim oceanima oko Antarktika rastali više leda no što je godišnja potreba čovječanstva za pitkom vodom.

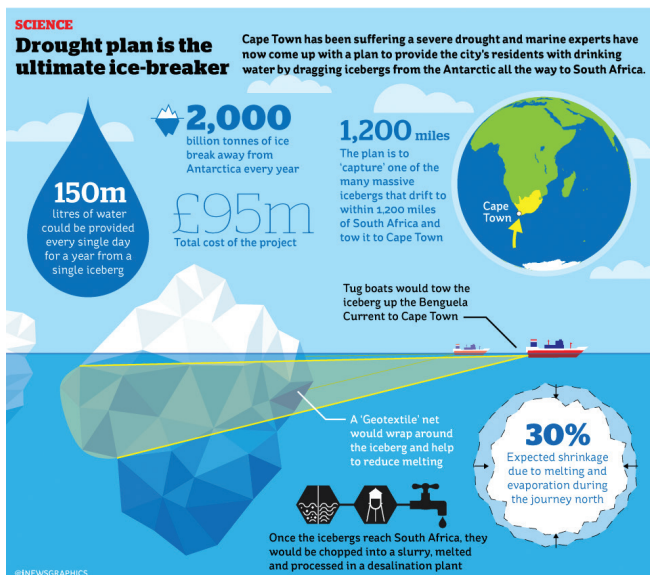
Ideja za eksploatacijom ledenjaka u svrhu dobivanja pitke vode svakako nije nova, po prvi put je ozbiljno razmatrana prije četrdesetak godina, na poticaj saudijskog princa Mohamada Al-Faisala, što je kulminiralo konferencijom *International Conference and Workshops on Iceberg Utilization for Fresh Water Production, Weather Modification and Other Applications*, održanom 1977. u SAD-u. Osnovna ideja onda i sada je istovjetna – identificirati pogodne ledenjake u razmjerno sjevernim geografskim širinama



Slika 1 – Taljenjem ledenjaka i ledenih santi u južnim oceanima oslobađa se veća količina slatke vode od globalne potražnje čovječanstva za pitkom vodom

putem satelita, a zatim ih dotegliti snažnim remorkerima do mjesta eksploatacije. Poznato je kako veliki ledenjaci, odlomljeni s ledenih polica, mogu doplutati do geografskih širina od čak 50°, tj. do geografskih širina Australije i Čilea. Međutim, za svrsishodno iskorištavanje tih resursa nužno je ledenjak zaštititi od pretjeranog taljenja na putu od, primjerice, 2000 km do obala Južnoafričke Republike ili više od 9000 km do Ujedinjenih Arapskih Emirata. Svojedobno jedno od predloženih rješenja na konferenciji 1977. bilo je izolirati ledenjak od morske vode ekspanziranom poliuretanskom pjenom.⁵ S obzirom na to da se iznad morske

* Dr. sc. Marin Kovačić
e-pošta: mkovacic1@fkit.hr



Slika 2 – Infografika zamisli tegljenja odlomljenih ledenjaka do obala JAR-a za potrebe opskrbe Cape Towna pitkom vodom (izvor: <http://induced.info/?s=Icebergs+from+Antarctica+could+be+towed+to+South+Africa+to>)

površine nalazi tek šestina ledenjaka, a kako je toplinski kapacitet zraka malen, zagrijavanje okolnim zrakom može se zanemariti. Međutim trošak isključivo izoliranja ledenjaka prema svojedobnim procjenama iznosio bi preko 8 milijuna USD 1977., odnosno nakon korekcije inflacije, preko 33 milijuna dolara za ledenjak volumena od 96 milijuna kubičnih metara. Ukoliko bi se ledenjak uspješno dopremio do obale, eksploataciji bi se pristupilo zatvaranjem ledenjaka unutar ustava, gdje bi se spontano otopljeni led crpio. Ne uzevši u obzir trošak transporta ledenjaka niti troškove eksploatacije jednom kada se ledenjak dopremi, čini se kako nije slučajnost što je ideja zamrla prije četrdesetak godina. Primjerice, procesima višestupanjske ravnotežne destilacije u naftom (energijom) bogatim zemljama te reverznom osmozom iz bočate vode može se proizvesti pitka voda po cijeni manjoj od 2,0 \$/m³.^{6,7} Iako se općenito može konstatirati kako je stanje tehnike znatno napredovalo od sedamdesetih godina prošlog stoljeća, može se pretpostaviti kako su potencijalni investicijski i operativni troškovi za eksploataciju ledenjaka danas manji u odnosu na 1977., analogno troškovima procesa destilacije te reverzne osmoze. Uspokos tome, potencijalni negativni učinci na okoliš ostali su neprimijenjeni, odnosno neriješeni. Naime, ledenjaci predstavljaju generatore uviiranja morske vode, važne oceanografske pojave.^{8,9} Uviiranjem morske vode dolazi do miješanja duboke, hladne i nutrijentima bogate vode s osiromašenom, površinskom vodom. Prema tome, ukoliko bi komercijalna eksploatacija ledenjaka zaživjela, mogu se očekivati dodatni izravni negativni učinci na ravnotežu polarnih ekosustava, pri čemu ti učinci najvjerojatnije ne bi bili ograničeni isključivo na smanjenje uviiranja. Izuzev tehničkih i ekoloških poteškoća, eksploatacija ledenjaka predstavljala bi i značajan problem u kontekstu međunarodnog prava, konkretno radi se o tzv. *res nullius*, odnosno legalnom vakuumu u kojemu ne postoji jasan odgovor na pitanje u čijoj su nadležnosti regulativa i nadzor nad eksploatacijom ledenjaka.¹⁰

Uspokos tehničkim poteškoćama, jedan od inicijatora te zamisli, francuski inženjer Georges Mougina ne odustaje od svojeg nauma. U suradnji s Dassault Systèmes, francuskim softverskim divom, razvio je temeljitu 3D simulaciju zamisli, uz ponešto izmijenjen scenarij. Konkretno, ispitana je mogućnost tegljenja ledenjaka od obale Grenlanda do Kanarskog otočja. Ledenjak mase nekoliko milijuna tona mogao bi se korištenjem putem prirodnih morskih struja, i jednog remorkera, dotepliti za nešto više od četiri mjeseca do Kanarskog otočja, pri čemu bi izgubio tridesetak posto

početne mase taljenjem. Važno je napomenuti kako se simulirala izolacija ledenjaka geotekstilnom oblogom, analogno ideji s poliuretanskom pjenom prije četrdesetak godina. U konačnici, proračun je pokazao kako je ideja potencijalno ekonomski isplativa.^{11,12} Premda se čini kako je projekt gospodina Mougina i Dassaulta stao na simulacijama, od 2011. do sada čini se kako nije došlo do pomaka u smjeru realizacije zamisli, no to nije obeshrabrilo jednu tvrtku u UAE u namjeri da to provede u djelo do 2020. Predviđaju kako će projekt tegljenja ledenjaka od Antarktika do voda Perzijskog zaljeva koštati između 50 i 120 milijuna USD, a početak prve faze planiran je za drugu polovicu 2019. U sklopu prve faze plan je dotepliti pogodan ledenjak do Perth ili Cape Towna.¹³ Izuzev izravne koristi od slatke vode, najavljuje kako će ledenjak u Perzijskom zaljevu predstavljati i značajan turistički potencijal. Vrijeme će pokazati hoće li projekt ponovno pasti u zaborav kao osamdesetih ili će uistinu rasti broj odlomljenih ledenjaka i santi, kao izravne posljedice antropoloških klimatskih promjena, utajiti žeđ upravo u krajevima izravno pogođenim klimatskim promjenama.

Literatura

- <https://www.reuters.com/article/us-safrica-drought-iceberg/icebergs-could-float-to-the-rescue-of-cape-town-water-crisis-idUSKBN111NF> (24. 9. 2018.).
- <https://www.arabianbusiness.com/culture-society/399776-uae-company-plans-to-tow-iceberg-from-antarctica-by-2020> (24. 9. 2018.).
- <http://www.bbc.com/future/story/20180918-the-outrageous-plan-to-haul-icebergs-to-africa> (24. 9. 2018.).
- <https://www.theguardian.com/world/2018/may/04/back-from-the-brink-how-cape-town-cracked-its-water-crisis> (24. 9. 2018.).
- S. N. Hussain, Iceberg protection by foamed insulation, u: A.A. Hussein, Iceberg Utilization, Proceedings of the First International Conference and Workshops on Iceberg Utilization for Fresh Water Production, Weather Modification and Other Applications, Iowa, 2. – 6. 10. 1977., Pergamon Press, Elmsford, 1978., str. 423–471.
- N. M. Wade, Distillation plant development and cost update, *Desalination* **136** (2001) 3–12, doi: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(01\)00159-X](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00159-X).
- M. K. Wittholz, B. K. O'Neill, C. B. Colby, D. Lewis, Estimating the cost of desalination plants using a cost database, *Desalination* **229** (2008) 10–20, doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.07.023>.
- S. Neshyba, Upwelling by icebergs, *Nature* **267** (1977) 507–508, doi: <https://doi.org/10.1038/267507a0>.
- A. A. Stern, E. Johnson, D. M. Holland, T. J. W. Wagner, P. Wadhams, R. Bates, E. Povl Abrahamsen, K. W. Nicholls, A. Crawford, J. Gagnon, J.-E. Tremblay, Wind-driven upwelling around grounded tabular icebergs, *J. Geophys. Res.* **120** (2015) 5820–5835, doi: <https://doi.org/10.1002/2015JC010805>.
- C. J. Lewis, Iceberg harvesting: suggesting a federal regulatory regime for a new freshwater source, *Envtl. Aff. L. Rev.* **439** (2015) 439–472.
- <https://blogs.3ds.com/perspectives/tag/the-iceberg-project/> (24. 9. 2018.).
- <https://www.wired.co.uk/article/iceberg-towing> (24. 9. 2018.).
- <https://www.khaleejtimes.com/nation/abu-dhabi/will-antarctic-icebergs-solve-fresh-water-crisis-in-uae-123> (24. 9. 2018.).